

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-180925

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

H01F 1/34
C01G 49/00
C04B 35/38

(21)Application number : 07-340484

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 27.12.1995

(72)Inventor : SOGA NAOKI
GOTO SATOSHI

(54) MN-ZN SOFT FERRITE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an Mn-Zn soft ferrite having excellent initial permeability (μ_i) and factor of merit in a high frequency wave zone of 500kHz to 1MHz.

SOLUTION: This ferrite consists of the fundamental component constitution of MnO of 20 to 30mol%, ZnO of 18 to 25mol% and the remaining part consisting of Fe₂O₃, and it contains SiO₂ of 0.005 to 0.02wt.%, CaO of 0.005 to 0.20wt.%, SnO₂ of 0.5 to 7wt.% and/or TiO of 0.25 to 4wt.%. The ferrite is an Mn-Zn soft ferrite having a DC specific resistance of 30 Ω /cm or higher and the dielectric constant of 100,000 or smaller at 1kHz, its initial permeability (μ_i) at 500kHz becomes 6000 or higher, and the factor of merit becomes 1 or higher.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3247930

[Date of registration] 02.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] MnO : 20 - 30 mol%, ZnO : It is Fe 2O3 as 18 - 25 mol% and a remainder component. It contains and direct-current specific resistance is 1kHz at 30 or more ohm-cm. A dielectric constant epsilon is 100,000. Mn-Zn system soft ferrite characterized by being the following.

[Claim 2] MnO : 20 - 30 mol%, ZnO : It is Fe 2O3 as 18 - 25 mol% and a remainder component. It consists of a fundamental component presentation to contain. SiO 2:0.005 - 0.02wt% and CaO:0.005 - 0.20wt% is contained. The direct-current specific resistance characterized by furthermore containing SnO 2:0.5 - 7wt% and/or TiO 2:0.25 - 4wt% is 1kHz at 30 or more ohm-cm. A dielectric constant epsilon is 100,000. Mn-Zn system soft ferrite which is the following.

[Claim 3] 500kHz initial permeability μ_i Mn-Zn system soft ferrite according to claim 1 or 2 whose quality factor Q is one or more or more in 6000.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is a proposal about the spinel mold Mn-Zn system soft ferrite excellent in initial permeability μ_i and the quality factor Q in a high-frequency band especially used suitable for switching power supply, a noise filter, a choke coil, etc. about a Mn-Zn system soft ferrite.

[0002]

[Description of the Prior Art] A Mn-Zn system soft ferrite is used as ingredients, such as switching power supply, and a noise filter, a choke coil. Among these, it is desirable that it is the ingredient which can maintain high initial permeability μ_i (an impedance is proportional to μ_i) until a big impedance is required in the frequency band which wants to remove a noise and the ingredient used for noise filters, such as a line filter for an EMI cure, reaches a higher frequency band. However, although the Mn-Zn system soft ferrite could make initial permeability high compared with the nickel-Zn system soft ferrite, when the initial permeability in a low frequency band was made high, the magnetic relaxation and the resonance phenomenon in a high-frequency band become easy to happen, and it had the fault that initial permeability fell rapidly.

[0003] Frequency dependent [of the initial permeability in such a Mn-Zn system soft ferrite] is Fe₂O₃ which constitutes the spinel which is a crystal matrix, and ZnO. And MnO It is known widely that the place depended on a presentation ratio and the minor constituent which exist near the grain boundary is large. Based on such knowledge, many proposals which have improved the frequency characteristics of initial permeability are reported from the former.

[0004] For example, at JP,51-49079,B, they are Bi₂O₃ and CaO to the fundamental component of a MnZn system ferrite. The MnZn system ferrite which is obtained and which shows high initial permeability (8000 to about 9000) also in a RF (100kHz) is proposed by carrying out compound addition. However, the technique concerning the above-mentioned proposal is not enough as the improvement effect near [to which is limited to the field near at most 100kHz, and importance is being attached increasingly practically] 500kHz, even if it calls it a high-frequency band.

[0005] Moreover, in JP,7-211535,A and JP,7-211536,A, compound addition of CaO, Bi₂O₃, and SiO₂ was carried out, high initial permeability (5000 or more) was shown in the fundamental component of a MnZn system ferrite also in the RF (500kHz), and the approach of manufacturing a MnZn system ferrite with little permeability change by 100kHz - 500kHz is proposed. However, with the technique concerning the above-mentioned proposal, although the frequency characteristics of initial permeability are improvable to an about 500kHz high-frequency band, a peak price is also about 5500 and cannot say a value with an initial permeability of 500kHz as sufficient improvement.

[0006] Furthermore, there is a method of using the resonance phenomena of the stray capacity of winding and the inductance of a core by devising the coil approach as a means to increase the impedance in a high-frequency band. However, imaginary component μ'' of initial permeability μ_i ($=\mu'-i\mu''$) expressed with the approach of being the above as complex permeability is large, namely, it is a quality factor Q ($=\mu'/\mu''=1/\tan \delta$; $\tan \delta$ is a loss factor). When small, the knowledge of the

above-mentioned resonance phenomena becoming blunt and desired impedance increase not being acquired was carried out. That is, in order to make it easy to happen these resonance phenomena, in 500kHz, it is desirable for a quality factor Q to become one or more.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As explained above, in order to solve the technical problem of many which the conventional technique holds mentioned above, it is required to show high initial permeability μ_i in a high-frequency band (500kHz - 1MHz), and for a quality factor Q to offer a large Mn-Zn system soft ferrite (1 or more).

[0008] It is in solving such a technical technical problem advantageously, and the purpose of this invention is 500kHz - 1MHz especially. It is in offering the Mn-Zn system soft ferrite excellent in initial permeability μ_i and the quality factor Q in a high-frequency band.

[0009]

[Means for Solving the Problem] Now, according to research of the latest artificers, the frequency characteristics of initial permeability are explained from the behavior of the electromagnetic wave decided by the core configuration and macroscopic electromagnetic physical properties (specific resistance, dielectric constant) (for example, the 19th Magnetics Society of Japan collection [of academic lecture outlines] p.263 Magnetics Society of Japan issue and 1995.9.23). According to this, a Mn-Zn system ferrite has low specific resistance about 6 figures compared with a nickel-Zn system ferrite, and its dielectric constant is conversely high about 6 figures. Therefore, as for a Mn-Zn system ferrite, the phenomenon in which initial permeability falls in a low frequency band occurs. Therefore, a resonance frequency will be shifted to a high-frequency side, and the frequency characteristics of initial permeability will be improved, so that a dielectric constant is so low that specific resistance is high in the configuration of a Mn-Zn system ferrite being the same. However, in fact, it was how much high in the specific resistance of a Mn-Zn system ferrite, and according to the thing which should just make a dielectric constant how much low, or what kind of means, it was not clear whether high specific resistance and a low dielectric constant are realizable for coincidence.

[0010] Under such a background, artificers examined the additive which forms a high resistance phase in a grain boundary, in order to realize high specific resistance and a low dielectric constant to coincidence. However, if it was going to realize high resistance-ization, since a dielectric constant would increase to coincidence, a desired electromagnetic property was not able to be acquired. Then, the addition experiment of the minor constituent to which dissolve in a spinel grid and the resistance in a grain is made to increase further was conducted.

[0011] Consequently, ** direct-current specific resistance is 30 or more ohm-cm and 1kHz. A dielectric constant epsilon is 100,000. If it is the Mn-Zn system ferrite of a component presentation as shows the following Initial permeability μ_i in a 500kHz high-frequency band Or more by 6000, to that a quality factor Q shows one or more properties and a pan **Mn-Zn system ferrite As a minor constituent, they are SiO₂ and CaO. If SnO₂ and/or TiO₂ are made to contain in addition, they are more than direct-current specific resistance:30 ohm-cm and 1kHz. Dielectric constant epsilon:100,000 It newly found out that the following could be satisfied to coincidence.

[0012] The summary configurations of this invention developed based on such knowledge are enumerated below.

(1) MnO : 20 - 30 mol%, ZnO : It is Fe₂O₃ as 18 - 25 mol% and a remainder component. It contains, direct-current specific resistance is 30 or more ohm-cm, and it is 1kHz. A dielectric constant epsilon is 100,000. It is the Mn-Zn system soft ferrite characterized by being the following.

(2) MnO : 20 - 30 mol%, ZnO : As 18 - 25 mol% and a remainder component It consists of a fundamental component presentation containing Fe₂O₃. SiO₂ 2:0.005 - 0.02wt% -- and -- CaO:0.005 - 0.20wt% is contained. The direct-current specific resistance characterized by furthermore containing SnO₂ 2:0.5 - 7wt% and/or TiO₂ 2:0.25 - 4wt% is 30 or more ohm-cm, and it is 1kHz. A dielectric constant epsilon is 100,000. It is the Mn-Zn system soft ferrite which is the following.

(3) Above (1) and (2) The Mn-Zn system soft ferrite of a publication is 500kHz initial permeability μ_i . It is 6000 or more and a quality factor Q is one or more.

[0013]

[Embodiment of the Invention] For the Mn-Zn system soft ferrite of this invention, direct-current specific resistance is 30 or more ohm-cm and 1kHz. A dielectric constant epsilon is 100,000. The 1st description is that it made it into the Mn-Zn system ferrite of a component presentation as shows the following. That is, if a Mn-Zn system soft ferrite has specific resistance and a dielectric constant epsilon in above-mentioned within the limits, the phenomenon in which initial permeability falls in a low frequency band is controlled, and it can realize the purpose which carried out expected that the frequency characteristics of initial permeability are improved.

[0014] The Mn-Zn system soft ferrite of this invention is more than direct-current specific resistance:30 ohm-cm and 1kHz. Dielectric constant epsilon:100,000 In order to satisfy the following to coincidence, they are SiO₂ and CaO as a minor constituent. The 2nd description is in the point of making SnO₂ and/or TiO₂ contain further in addition.

[0015] SiO₂ and CaO which are the accessory constituent (minor constituent) of a Mn-Zn system ferrite here A content is SiO 2:0.005 - 0.02wt% and CaO, respectively. : It considers as 0.005 - 0.20wt% of within the limits. This reason is SiO₂ and CaO. Desired specific resistance (direct-current specific resistance: 30 or more ohm-cm) is not obtained as it is less than [0.005 wt%], respectively, but on the other hand, SiO₂ exceeds 0.02wt(s)%, or it is CaO. It is because it will become the cause of abnormality grain growth if 0.20wt(s)% is exceeded.

[0016] The content of SnO₂ and TiO₂ which are the accessory constituent (minor constituent) of a Mn-Zn system ferrite is SnO₂, respectively. : It considers as 0.5 - 7wt% and TiO 2:0.25 - 4wt% of within the limits. For this reason, SnO₂ . It is less than [specific resistance:30 ohm-cm] and a dielectric constant epsilon:100,000 that under 0.5 wt % or TiO₂ is less than [0.25wt%]. It becomes the above and a desired target property is not acquired. On the other hand, if SnO₂ exceeds 7wt(s)% or TiO₂ exceeds 4wt(s)%, decline in the initial permeability in a low frequency band is remarkable, and it is also the Curie point. It is because it becomes 120 degrees C or less.

[0017] By considering as a configuration which was explained above, it is 500kHz - 1MHz. Initial permeability μ_i in a high-frequency band is high, and can offer certainly the Mn-Zn system soft ferrite excellent in the quality factor Q.

[0018] In addition, the magnetic-anisotropy constant and magnetostriction constant which do the serious effect for initial permeability are Fe 2O₃ which is a fundamental component, and MnO and ZnO. It is known that it will be dependent on a presentation ratio. Then, Fe 2O₃ in this invention, and MnO and ZnO The presentation range is limited from a viewpoint as how much to set into how much the initial permeability of the Mn-Zn system ferrite which consists of a fundamental component before adding a minor constituent is made, a secondary peak, and the Curie point. Especially the operating temperature of a noise filter is usually from a room temperature. It is about 120 degrees C and it is required in this temperature requirement that initial permeability should be high and a Mn-Zn system ferrite should have a positive temperature coefficient. Moreover, it is required to adjust a gap of the secondary peak by addition of SnO₂ and TiO₂ and the Curie point with a fundamental component presentation. The above point is taken into consideration and they are MnO:20 - 30 mol% and ZnO about the fundamental component presentation of a Mn-Zn system ferrite by this invention. : As 18 - 25 mol% and a remainder component It limited to the component presentation containing Fe 2O₃. Namely, MnO Under 20 mol% or 30 mol% is exceeded, and ZnO is under 18 mol% or 25. It is because initial permeability will fall sharply by change of the chemical composition of a spinel if mol% is exceeded. In addition, Fe 2O₃, and MnO and ZnO As a raw material, compounds, such as not only an oxide but a carbonate which can be replaced with said oxide gestalt by baking, can be used.

[0019]

[Example]

(Example 1) A fundamental component presentation MnO:25 mol%, ZnO : 23 mol% and the remainder Fe 2O₃ After mixing a raw material so that it may become, temporary quenching was carried out by 925 ** for 3 hours. Next, the minute amount additive of the amount shown in Table 1 was added into the obtained temporary-quenching powder, and the ball mill ground into it for 8 hours. And after fabricating

the obtained pulverized powder in the shape of a ring, it calcinated at 1340 degrees C for 5 hours, controlling an oxygen density, and the Mn-Zn system ferrite sintered compact was obtained. In this way, the result of having measured the direct-current specific resistance of the obtained sintered compact, the dielectric constant epsilon in 500kHz, initial permeability μ_i , and a quality factor Q is shown in Table 1. In addition, in Table 1, the thing of adaptation within the limits of this invention was made into the example, and the thing outside the adaptation range was made into the example of a comparison. The Mn-Zn system ferrite sintered compact concerning an example was excellent as an ingredient which initial permeability μ_i in 500kHz is 6000 or more, and a quality factor Q is one or more, and is used for a noise filter so that clearly from the result shown in this table.

[0020]

[Table 1]

		MnO mol%	ZnO mol%	Fe ₂ O ₃ mol%	SiO ₂ wt%	CaO wt%	SnO ₂ wt%	TiO ₂ wt%	直流比抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	誘電率 ϵ 1 kHz	初透磁率 μ_i 500 kHz	品質係数 Q 500 kHz
発 明 例	1	25	23	残部	0.006	0.010	0.60	0.00	30	60000	6500	1.2
	2	25	23	残部	0.015	0.010	1.00	0.00	70	65000	6300	1.3
	3	25	23	残部	0.005	0.150	6.50	0.00	110	68000	6200	1.4
	4	25	23	残部	0.005	0.010	0.00	0.30	30	50000	6300	1.3
	5	25	23	残部	0.007	0.007	0.00	2.00	80	56000	6200	1.4
	6	25	23	残部	0.007	0.007	0.00	4.00	120	58000	6100	1.5
	7	25	23	残部	0.017	0.180	0.60	0.30	70	65000	6300	1.3
	8	25	23	残部	0.017	0.180	6.70	3.80	180	69000	6000	2.0
比 較 例	1	25	23	残部	0.010	0.100	0.25	0.00	25	100000	4500	0.7
	2	25	23	残部	0.010	0.100	8.00	0.00	150	100000	5100	2.0
	3	25	23	残部	0.010	0.100	0.00	0.10	20	220000	4800	0.6
	4	25	23	残部	0.010	0.100	0.00	5.00	11	230000	3000	0.2
	5	25	23	残部	0.004	0.004	2.00	0.00	25	350000	4500	0.8
	6	25	23	残部	0.004	0.100	2.00	0.00	50	410000	4300	0.9
	7	25	23	残部	0.010	0.230	0.00	3.00	110	390000	3300	1.8
	8	25	23	残部	0.022	0.230	0.00	3.00	340	460000	3100	2.1

[0021] (Example 2) A fundamental component presentation MnO:28 mol%, ZnO : 20 mol% and the remainder Fe₂O₃ After mixing a raw material so that it may become, temporary quenching was carried out by 950 ** for 3 hours. Next, the minute amount additive of the amount shown in Table 2 was added into the obtained temporary-quenching powder, and the ball mill ground into it for 8 hours. And after fabricating the obtained pulverized powder in the shape of a ring, it calcinated at 1350 degrees C for 3 hours, controlling an oxygen density, and the Mn-Zn system ferrite sintered compact was obtained. In this way, the result of having measured the direct-current specific resistance of the obtained sintered compact, the dielectric constant epsilon in 500kHz, initial permeability μ_i , and a quality factor Q is shown in Table 2. In addition, in Table 2, the thing of adaptation within the limits of this invention was made into the example, and the thing outside the adaptation range was made into the example of a comparison. The Mn-Zn system ferrite sintered compact concerning an example was excellent as an ingredient which initial permeability μ_i in 500kHz is 6000 or more, and a quality factor Q is one or more, and is used for a noise filter so that clearly from the result shown in this table.

[0022]

[Table 2]

		MnO mol%	ZnO mol%	Fe ₂ O ₃ mol%	SiO ₂ wt%	CaO wt%	SnO ₂ wt%	TiO ₂ wt%	直流比抵抗 Ω · cm	誘電率 ε 1 kHz	初透磁率 μ _i 500 kHz	品質係数 Q 500 kHz
発 明 例	1	28	20	残部	0.006	0.010	0.60	0.00	35	62000	6400	1.2
	2	28	20	残部	0.015	0.010	1.00	0.00	80	64000	6400	1.2
	3	28	20	残部	0.005	0.150	6.50	0.00	100	69000	6100	1.5
	4	28	20	残部	0.005	0.010	0.00	0.30	40	53000	6200	1.2
	5	28	20	残部	0.007	0.007	0.00	2.00	75	55000	6200	1.3
	6	28	20	残部	0.007	0.007	0.00	4.00	130	58000	6200	1.6
	7	28	20	残部	0.017	0.180	0.60	0.30	90	63000	6100	1.4
	8	28	20	残部	0.017	0.180	6.70	3.80	200	70000	6000	1.9
比 較 例	1	28	20	残部	0.010	0.100	0.25	0.00	28	100000	4500	0.9
	2	28	20	残部	0.010	0.100	8.00	0.00	160	100000	5100	1.9
	3	28	20	残部	0.010	0.100	0.00	0.10	25	220000	4800	0.8
	4	28	20	残部	0.010	0.100	0.00	5.00	15	230000	3000	0.3
	5	28	20	残部	0.004	0.004	2.00	0.00	30	350000	4500	1.0
	6	28	20	残部	0.004	0.100	2.00	0.00	65	410000	4300	1.1
	7	28	20	残部	0.010	0.230	0.00	3.00	120	390000	3300	1.6
	8	28	20	残部	0.022	0.230	0.00	3.00	300	460000	3100	2.0

[0023]

[Effect of the Invention] According to [as explained above] this invention, it is 500kHz - 1MHz. Initial permeability μ_i in a high-frequency band is high, and can offer certainly the Mn-Zn system soft ferrite excellent in the quality factor Q. Therefore, the Mn-Zn system soft ferrite concerning this invention can be suitably used as ingredients, such as switching power supply, and a noise filter, a choke coil.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-180925

(43)公開日 平成9年(1997)7月11日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/34			H 0 1 F 1/34	B
C 0 1 G 49/00			C 0 1 G 49/00	A
C 0 4 B 35/38			C 0 4 B 35/38	Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-340484

(22)出願日 平成7年(1995)12月27日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年9月23日 社
団法人日本応用磁気学会発行の「第19回日本応用磁気学
会学術講演概要集」に発表

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28
号

(72)発明者 曾我 直樹

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

(72)発明者 後藤 聡志

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 順三 (外1名)

(54)【発明の名称】 Mn-Zn系ソフトフェライト

(57)【要約】

【課題】 500kHz～1MHzの高周波数帯域における初透
磁率 μ_i と品質係数Qに優れたMn-Zn系ソフトフェライ
トを提供すること。

【解決手段】 MnO : 20～30 mol%、ZnO : 18～25 mol
%および残部成分としてFe₂O₃を含有する基本成分組成
よりなり、SiO₂ : 0.005～0.02wt%およびCaO : 0.005
～0.20wt%を含有し、さらにSnO₂ : 0.5～7wt%および
／またはTiO₂ : 0.25～4wt%を含有することを特徴とす
る、直流比抵抗が30Ω・cm以上で、1kHzでの誘電率ε
が100,000以下であるMn-Zn系ソフトフェライトであ
り、このMn-Zn系ソフトフェライトは、500kHzでの初透
磁率 μ_i が6000以上で、品質係数Qが1以上である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 MnO : 20~30 mol%, ZnO : 18~25 mol%および残部成分として Fe_2O_3 を含有し、直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上で、1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下であることを特徴とするMn-Zn系ソフトフェライト。

【請求項2】 MnO : 20~30 mol%, ZnO : 18~25 mol%および残部成分として Fe_2O_3 を含有する基本成分組成よりなり、 SiO_2 : 0.005 ~ 0.02wt%およびCaO : 0.005 ~ 0.20wt%を含有し、さらに SnO_2 : 0.5 ~ 7 wt%および/または TiO_2 : 0.25 ~ 4 wt%を含有することを特徴とする、直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上で、1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下であるMn-Zn系ソフトフェライト。

【請求項3】 500kHzでの初透磁率 μ_i が6000以上で、品質係数Qが1以上である請求項1または2に記載のMn-Zn系ソフトフェライト。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、Mn-Zn系ソフトフェライトに関し、特に、スイッチング電源やノイズフィルター、チョークコイルなどに好適に用いられる、高周波数帯域における初透磁率 μ_i と品質係数Qに優れたスピネル型Mn-Zn系ソフトフェライトについての提案である。

【0002】

【従来の技術】Mn-Zn系ソフトフェライトは、スイッチング電源やノイズフィルター、チョークコイルなどの材料として使用される。このうち、EMI対策用ラインフィルターなどのノイズフィルターに使用される材料は、ノイズを除去したい周波数帯域で大きなインピーダンスが要求され、より高い周波数帯域に至るまで高い初透磁率 μ_i （インピーダンスは μ_i に比例する）が維持できるような材料であることが望ましい。しかしながら、Mn-Zn系ソフトフェライトは、Ni-Zn系ソフトフェライトに比べて初透磁率を高くすることができるが、低周波数帯域での初透磁率を高くすると、高周波数帯域での磁気緩和や共鳴現象が起こり易くなり、初透磁率が急激に低下するという欠点があった。

【0003】このようなMn-Zn系ソフトフェライトにおける初透磁率の周波数依存性は、結晶マトリックスであるスピネルを構成する Fe_2O_3 、ZnOおよびMnOの組成比と、結晶粒界近傍に多く存在する微量成分によるところが大きいことが広く知られている。このような知見に基づき、従来から、初透磁率の周波数特性を改善した提案が多く報告されている。

【0004】例えば、特公昭51-49079号公報では、Mn-Zn系フェライトの基本成分に Bi_2O_3 とCaOを複合添加させることによって得られる、高周波（100kHz）においても高い初透磁率（8000~9000程度）を示すMn-Zn系フェライトを提案している。しかしながら、上記提案にかかる技術では、高周波数帯域といっても高々100kHz付近の傾

域に限定され、実用上ますます重要視されつつある500kHz付近での改善効果は十分でない。

【0005】また、特開平7-211535号公報および特開平7-211536号公報では、Mn-Zn系フェライトの基本成分にCaO、 Bi_2O_3 および SiO_2 を複合添加して、高周波（500kHz）においても高い初透磁率（5000以上）を示し、100kHz~500kHzでの透磁率変化の少ないMn-Zn系フェライトを製造する方法を提案している。しかしながら、上記提案にかかる技術では、初透磁率の周波数特性を500kHz程度の高周波数帯域まで改善することができるが、500kHzでの初透磁率の値は、最高値でも5500程度であり、十分な改善とはいえない。

【0006】さらに、高周波数帯域でのインピーダンスを増大させる手段として、巻線方法を工夫することにより、巻き線の浮遊容量とコアのインダクタンスの共振現象を利用する方法がある。しかしながら、上記の方法では、複素透磁率として表される初透磁率 μ_i （ $=\mu' - i\mu''$ ）の虚数成分 μ'' が大きい、即ち品質係数Q（ $=\mu'/\mu'' = 1/\tan\delta$ ； $\tan\delta$ は損失係数）が小さいと、上記共振現象が鈍って所望のインピーダンス増大が得られないことを知見した。即ち、この共振現象を起こりやすくするためには、500kHzにおいて、品質係数Qが1以上となることが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来技術が抱える上述した多くの課題を解決するためには、高周波数帯域（500kHz~1MHz）において高い初透磁率 μ_i を示し、かつ品質係数Qが大きい（1以上の）Mn-Zn系ソフトフェライトを提供することが必要である。

【0008】この発明の目的は、このような技術的課題を有利に解決することにより、特に500kHz~1MHzの高周波数帯域における初透磁率 μ_i と品質係数Qに優れたMn-Zn系ソフトフェライトを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】さて、最近の発明者らの研究によれば、初透磁率の周波数特性は、コア形状とマクロな電磁気物性（比抵抗、誘電率）により決まる電磁波の挙動から説明される（例えば、第19回日本応用磁気学会学術講演概要集 p.263（社）日本応用磁気学会発行、1995.9.23）。これによると、Mn-Zn系フェライトは、Ni-Zn系フェライトに比べて比抵抗が約6桁低く、逆に誘電率が約6桁高い。そのため、Mn-Zn系フェライトは、初透磁率が低周波数帯域で低下するという現象が起きる。したがって、Mn-Zn系フェライトは、その形状が同一であると、比抵抗が高いほど、誘電率が低いほど共鳴周波数は高周波数側にシフトし、初透磁率の周波数特性が改善されることになる。しかしながら、実際には、Mn-Zn系フェライトの比抵抗をどの程度高く、また誘電率をどの程度低くすればよいのか、あるいはどのよ

うな手段によれば高比抵抗と低誘電率を同時に実現できるのかは明らかでなかった。

【0010】このような背景の下、発明者らは、高比抵抗と低誘電率を同時に実現するために、粒界に高抵抗相を形成する添加物について検討を行った。ところが、高抵抗化を実現しようとする、同時に誘電率が増加するために、所望の電磁気特性を得ることができなかった。そこでさらに、スピネル格子中に固溶し粒内の抵抗を増加させる微量成分の添加実験を行った。

【0011】その結果、

①直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上、かつ1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下を示すような成分組成のMn-Zn系フェライトであれば、500kHzの高周波数帯域での初透磁率 μ_i が6000以上で、品質係数 Q が1以上の特性を示すこと、さらに、

②Mn-Zn系フェライトは、微量成分として、 SiO_2 およびCaOに加えて SnO_2 および/または TiO_2 を含有せしめると、直流比抵抗： $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上および1 kHzでの誘電率 ϵ ：100,000以下を同時に満足させることができること、を新たに見出した。

【0012】このような知見に基づいて開発したこの発明の要旨構成を以下に列挙する。

(1)MnO：20～30 mol%、ZnO：18～25 mol%および残部成分として Fe_3O_4 を含有し、直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上で、1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下であることを特徴とするMn-Zn系ソフトフェライトである。

(2)MnO：20～30 mol%、ZnO：18～25 mol%および残部成分として Fe_3O_4 を含有する基本成分組成よりなり、 SiO_2 ：0.005～0.02wt%およびCaO：0.005～0.20wt%を含有し、さらに SnO_2 ：0.5～7 wt%および/または TiO_2 ：0.25～4 wt%を含有することを特徴とする、直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上で、1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下であるMn-Zn系ソフトフェライトである。

(3)上記(1)および(2)に記載のMn-Zn系ソフトフェライトは、500kHzでの初透磁率 μ_i が6000以上で、品質係数 Q が1以上である。

【0013】

【発明の実施の形態】この発明のMn-Zn系ソフトフェライトは、直流比抵抗が $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上、かつ1 kHzでの誘電率 ϵ が100,000以下を示すような成分組成のMn-Zn系フェライトとした点に第1の特徴がある。即ち、Mn-Zn系ソフトフェライトは、比抵抗および誘電率 ϵ が上記範囲内にあれば、初透磁率が低周波数帯域で低下するという現象が抑制され、初透磁率の周波数特性が改善されるという所期した目的を実現することができるのである。

【0014】この発明のMn-Zn系ソフトフェライトは、直流比抵抗： $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上および1 kHzでの誘電率 ϵ ：100,000以下を同時に満足させるために、微量成分として、 SiO_2 およびCaOに加えてさらに SnO_2 および/または TiO_2 を含有せしめている点に第2の特徴がある。

【0015】ここで、Mn-Zn系フェライトの副成分（微量成分）である SiO_2 およびCaOの含有量は、それぞれ SiO_2 ：0.005～0.02wt%およびCaO：0.005～0.20wt%の範囲内とする。この理由は、 SiO_2 およびCaOがそれぞれ0.005 wt%未満であると、所望の比抵抗（直流比抵抗： $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以上）が得られず、一方、 SiO_2 が0.02wt%を超え、またはCaOが0.20wt%を超えると、異常粒成長の原因となるからである。

【0016】Mn-Zn系フェライトの副成分（微量成分）である SnO_2 および TiO_2 の含有量は、それぞれ SnO_2 ：0.5～7 wt%および TiO_2 ：0.25～4 wt%の範囲内とする。この理由は、 SnO_2 が0.5 wt%未満または TiO_2 が0.25wt%未満であると、比抵抗： $30\Omega \cdot \text{cm}$ 以下および誘電率 ϵ ：100,000以上となり、所望の目標特性が得られない。一方、 SnO_2 が7 wt%を超え、または TiO_2 が4 wt%を超えると、低周波数帯域での初透磁率の低下が著しく、またキュリー点も120℃以下となるからである。

【0017】以上説明したような構成とすることにより、500kHz～1 MHzの高周波数帯域における初透磁率 μ_i が高く、品質係数 Q に優れたMn-Zn系ソフトフェライトを確実に提供することができる。

【0018】なお、初透磁率に重大な影響を及ぼす磁気異方性定数および磁歪定数は、基本成分である Fe_3O_4 、MnOおよびZnOの組成比に依存することが知られている。そこで、この発明における Fe_3O_4 、MnOおよびZnOの組成範囲は、微量成分を添加する前の基本成分からなるMn-Zn系フェライトの初透磁率をどの程度にするか、セカンダリーピークおよびキュリー点をどの程度に設定するか、という観点から限定される。特に、ノイズフィルターの動作温度は通常、室温から120℃程度であり、この温度範囲において、Mn-Zn系フェライトは初透磁率が高く正の温度係数を持つことが要求される。また、 SnO_2 と TiO_2 の添加によるセカンダリーピークおよびキュリー点のずれを、基本成分組成によって調整することが必要である。以上の点を考慮して、この発明では、Mn-Zn系フェライトの基本成分組成を、MnO：20～30 mol%、ZnO：18～25 mol%および残部成分として Fe_3O_4 を含有する成分組成に限定した。即ち、MnOが20 mol%未満または30 mol%を超え、ZnOが18 mol%未満または25 mol%を超えると、スピネルの化学組成の変化により初透磁率が大幅に低下するからである。なお、 Fe_3O_4 、MnOおよびZnOの原料としては、酸化物だけでなく、焼成により前記酸化物形態に代わることでできる炭酸塩などの化合物を使用することができる。

【0019】

【実施例】

（実施例1）基本成分組成がMnO：25 mol%、ZnO：23 mol%、残部 Fe_3O_4 となるように原料を混合した後、925℃で3時間仮焼した。次に、得られた仮焼粉に、表1に示す量の微量添加物を添加し、ボールミルで8時間粉

砕した。そして、得られた粉碎粉をリング状に成形した後、酸素濃度を制御しながら1340℃で5時間焼成し、Mn-Zn系フェライト焼結体を得た。こうして得られた焼結体の直流比抵抗、500kHzでの誘電率 ϵ 、初透磁率 μ_i および品質係数Qを測定した結果を表1に示す。なお、表1において、この発明の適合範囲内のものを実施例とし、適合範囲外のを比較例とした。この表に示す結*

* 果から明らかなように、実施例にかかるMn-Zn系フェライト焼結体は、500kHzにおける初透磁率 μ_i が6000以上、品質係数Qが1以上であり、ノイズフィルターに用いる材料として優れていた。

【0020】

【表1】

		MnO mol%	ZnO mol%	Fe ₂ O ₃ mol%	SiO ₂ wt%	CaO wt%	SnO ₂ wt%	TiO ₂ wt%	直流比抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	誘電率 ϵ 1 kHz	初透磁率 μ_i 500 kHz	品質係数Q 500 kHz
発 明 例	1	25	23	残部	0.006	0.010	0.60	0.00	30	60000	6500	1.2
	2	25	23	残部	0.015	0.010	1.00	0.00	70	65000	6300	1.3
	3	25	23	残部	0.005	0.150	6.50	0.00	110	68000	6200	1.4
	4	25	23	残部	0.005	0.010	0.00	0.30	30	50000	6300	1.3
	5	25	23	残部	0.007	0.007	0.00	2.00	80	56000	6200	1.4
	6	25	23	残部	0.007	0.007	0.00	4.00	120	58000	6100	1.5
	7	25	23	残部	0.017	0.180	0.60	0.30	70	65000	6300	1.3
	8	25	23	残部	0.017	0.180	6.70	3.80	180	69000	6000	2.0
比 較 例	1	25	23	残部	0.010	0.100	0.25	0.00	25	100000	4500	0.7
	2	25	23	残部	0.010	0.100	8.00	0.00	150	100000	5100	2.0
	3	25	23	残部	0.010	0.100	0.00	0.10	20	220000	4800	0.6
	4	25	23	残部	0.010	0.100	0.00	5.00	11	230000	3000	0.2
	5	25	23	残部	0.004	0.004	2.00	0.00	25	350000	4500	0.8
	6	25	23	残部	0.004	0.100	2.00	0.00	50	410000	4300	0.9
	7	25	23	残部	0.010	0.230	0.00	3.00	110	390000	3300	1.8
	8	25	23	残部	0.022	0.230	0.00	3.00	340	460000	3100	2.1

【0021】（実施例2）基本成分組成が MnO: 28 mol%、ZnO: 20 mol%、残部Fe₂O₃ となるように原料を混合した後、950℃で3時間仮焼した。次に、得られた仮焼粉に、表2に示す量の微量添加物を添加し、ボールミルで8時間粉碎した。そして、得られた粉碎粉をリング状に成形した後、酸素濃度を制御しながら1350℃で3時間焼成し、Mn-Zn系フェライト焼結体を得た。こうして得られた焼結体の直流比抵抗、500kHzでの誘電率 ϵ 、初透磁率 μ_i および品質係数Qを測定した結果を表2に示す

※す。なお、表2において、この発明の適合範囲内のものを実施例とし、適合範囲外のを比較例とした。この表に示す結果から明らかなように、実施例にかかるMn-Zn系フェライト焼結体は、500kHzにおける初透磁率 μ_i が6000以上、品質係数Qが1以上であり、ノイズフィルターに用いる材料として優れていた。

【0022】

【表2】

		MnO mol%	ZnO mol%	Fe ₂ O ₃ mol%	SiO ₂ wt%	CaO wt%	SnO ₂ wt%	TiO ₂ wt%	直流比抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	誘電率 ϵ 1 kHz	初透磁率 μ_i 500 kHz	品質係数Q 500 kHz
発 明 例	1	28	20	残部	0.006	0.010	0.60	0.00	35	62000	6400	1.2
	2	28	20	残部	0.015	0.010	1.00	0.00	80	64000	6400	1.2
	3	28	20	残部	0.005	0.150	6.50	0.00	100	69000	6100	1.5
	4	28	20	残部	0.005	0.010	0.00	0.30	40	53000	6200	1.2
	5	28	20	残部	0.007	0.007	0.00	2.00	75	55000	6200	1.3
	6	28	20	残部	0.007	0.007	0.00	4.00	130	58000	6200	1.6
	7	28	20	残部	0.017	0.180	0.60	0.30	90	63000	6100	1.4
	8	28	20	残部	0.017	0.180	6.70	3.80	200	70000	6000	1.9
比 較 例	1	28	20	残部	0.010	0.100	0.25	0.00	28	100000	4500	0.9
	2	28	20	残部	0.010	0.100	8.00	0.00	160	100000	5100	1.9
	3	28	20	残部	0.010	0.100	0.00	0.10	25	220000	4800	0.8
	4	28	20	残部	0.010	0.100	0.00	5.00	15	230000	3000	0.3
	5	28	20	残部	0.004	0.004	2.00	0.00	30	350000	4500	1.0
	6	28	20	残部	0.004	0.100	2.00	0.00	65	410000	4300	1.1
	7	28	20	残部	0.010	0.230	0.00	3.00	120	390000	3300	1.6
	8	28	20	残部	0.022	0.230	0.00	3.00	300	460000	3100	2.0

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、500kHz～1MHzの高周波数帯域における初透磁率 μ_i が高く、品質係数Qに優れたMn-Zn系ソフトフェライ

トを確実に提供することができる。したがって、この発明にかかるMn-Zn系ソフトフェライトは、スイッチング電源やノイズフィルター、チョークコイルなどの材料として好適に用いることができる。